

# DIRECT CYLINDER INJECTION ENGINE, CONTROL DEVICE AND CONTROLLING METHOD

**Patent number:** JP2001248484  
**Publication date:** 2001-09-14  
**Inventor:** NOGI TOSHIJI; SHIRAIISHI TAKUYA; NAKAYAMA YOKO; TOKUYASU NOBORU; KIHARA YUSUKE; SUKEGAWA YOSHIHIRO; OSUGA MINORU; KASHIWATANI MINEO  
**Applicant:** HITACHI LTD  
**Classification:**  
- **international:** F02D43/00; F02B3/02; F02B3/06; F02B5/00; F02B17/00; F02B23/00; F02B23/10; F02B31/00; F02B31/02; F02D13/02; F02D21/08; F02D41/02; F02D41/04; F02M25/07; F02P15/08  
- **european:**  
**Application number:** JP20000058026 20000229  
**Priority number(s):**

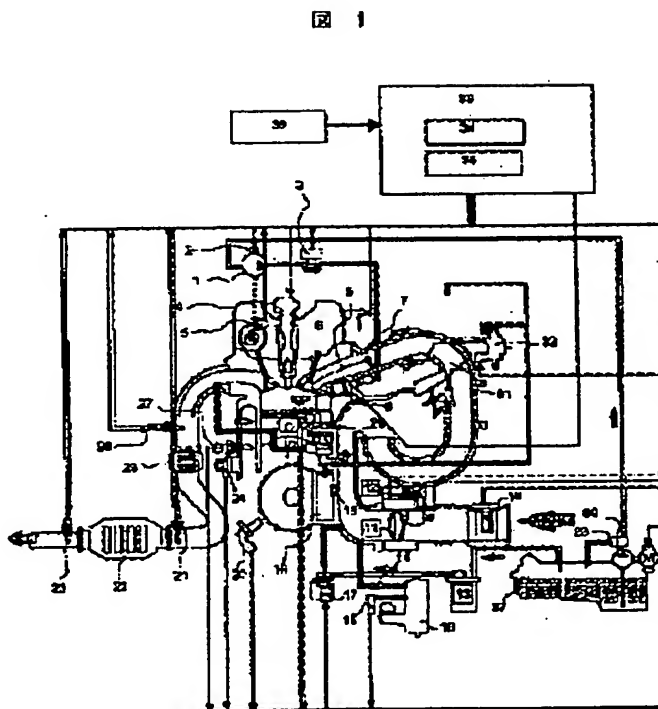
**Also published as:**

EP1130240 (A2)  
US6499456 (B1)  
EP1130240 (A3)

### Abstract of JP2001248484

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To solve a problem that exhaust NOx is increased when a stratified operation is continued when load is increased, in particular, because air-fuel mixture around an ignition plug is thick in a direct cylinder injection engine or flame transmission speed becomes slow as increasing the EGR in the case of one ignition plug, and combustion becomes instable while NOx can be reduced by adding EGR to uniform air-fuel mixture, or in the case of two ignition plugs against the combustion instability, a fuel consumption improving effect becomes insufficient.

**SOLUTION:** The direct cylinder injection engine is provided with a fuel injection valve for injecting fuel into a combustion chamber formed between a cylinder head and a piston, an intake port part is opened to the combustion chamber, an intake valve is engaged to the intake port part, a plurality of ignition plugs are formed within the combustion chamber and ignite air-fuel mixture, an external EGR valve has an EGR quantity control function to a cylinder and an intake/exhaust control valve is characterized by having a plurality of air-fuel ratio mode settings and ignition mode settings.



Data supplied from the *esp@cenet* database - Worldwide

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号  
特開2001-248484  
(P2001-248484A)

(43) 公開日 平成13年9月14日 (2001.9.14)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テ-マ-ト*(参考)	
F 0 2 D 43/00	3 0 1	F 0 2 D 43/00	3 0 1 E	3 G 0 1 9
			3 0 1 A	3 G 0 2 3
			3 0 1 J	3 G 0 6 2
			3 0 1 N	3 G 0 8 4
			3 0 1 U	3 G 0 9 2

審査請求 未請求 請求項の数25 O L (全 19 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2000-58026(P2000-58026)

(22) 出願日 平成12年2月29日 (2000.2.29)

(71) 出願人 000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(72) 発明者 野木 利治

茨城県日立市大みか町七丁目1番1号 株式会社日立製作所日立研究所内

(72) 発明者 白石 拓也

茨城県日立市大みか町七丁目1番1号 株式会社日立製作所日立研究所内

(74) 代理人 100075096

弁理士 作田 康夫

最終頁に続く

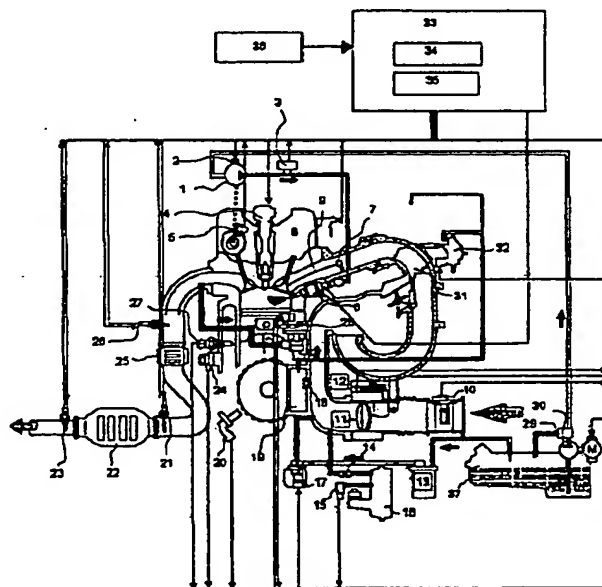
(54) 【発明の名称】 筒内噴射エンジン及びその制御装置、制御方法

(57) 【要約】

【課題】筒内噴射エンジンでは、点火プラグ周囲の混合気が濃いため、特に負荷が大きくなってきたときに成層運転を続けると、排出NO<sub>x</sub>が増大する。一方、均質混合気にEGRを加えることによってNO<sub>x</sub>を低減することができるが、点火プラグが1つの場合にはEGRの増加と共に火炎伝播速度が遅くなり、燃焼が不安定となる。この対応として点火プラグを2つ設けたものがあるが、燃費向上効果が不十分であった。

【解決手段】シリンダヘッドとピストンとの間に形成される燃焼室内に燃料を噴射する燃料噴射弁と、前記燃焼室に開口する吸気ポート部とこれに係合する吸気弁と、および燃焼室内に形成された混合気に着火する複数の点火プラグ、気筒へのEGR量制御の機能を有する外部EGR弁及び吸排気制御弁とを備えた筒内噴射エンジンにおいて、複数の空燃比モード設定及び点火モード設定を有することを特徴とする。

図 1



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 シリンダヘッドとピストンとの間に形成される燃焼室内に燃料を噴射する燃料噴射弁と、前記燃焼室に開口する吸気ポート部と前記吸気ポート部に係合する吸気弁と、燃焼室内に形成された混合気に着火する1気当り複数の点火プラグと、気筒へのEGR量制御の機能を有する外部EGR弁と吸排気制御弁とを備えた筒内噴射エンジンにおいて、

複数の空燃比モード設定及び点火プラグの切り替えモード設定を有することを特徴とする筒内噴射エンジン。

【請求項2】 請求項1において、

空燃比モード設定として、混合気を点火プラグ周囲に集める成層リーンモード、均質混合気を形成するストイキモード、均質リーンモードを少なくとも有することを特徴とする筒内噴射エンジン。

【請求項3】 請求項2において、

空燃比モード設定として、さらに圧縮着火モードを有することを特徴とする筒内噴射エンジン。

【請求項4】 請求項1において、

1つの気筒に点火プラグを2個有し、吸気行程に燃料を噴射し、EGRを付加した条件では2点火を行い、成層運転時には1つの点火プラグに混合気を集めるようにしたことを特徴とする筒内噴射エンジン。

【請求項5】 請求項4において、

回転が低い場合には、インジェクタの先端から近くに位置する点火プラグに混合気集め、回転が高くなるとインジェクタの先端から離れた距離に位置する点火プラグに混合気を集める特徴とする筒内噴射エンジン。

【請求項6】 請求項4において、

インジェクタを気筒の吸気行程側に配置し、空気流動制御手段として、タンブル制御弁を有し、成層運転ではタンブル制御を閉じ方向に制御することによりタンブルを強化し、そのタンブル流によって圧縮行程噴射した燃料を、1つの点火プラグに集めることを特徴とする筒内噴射エンジン。

【請求項7】 請求項6において、

エンジン回転数が高くなると、インジェクタから遠い点火プラグに混合気が集まるように燃料噴射時期を調整する機能を有することを特徴とする筒内噴射エンジン。

【請求項8】 請求項6において、

インジェクタの噴口とほぼ同一線上に2つの点火プラグを配置することを特徴とする筒内噴射エンジン。

【請求項9】 請求項4において、

EGR量は排気管と吸気管をつないだ通路に設けたEGR制御弁及び吸排気弁の開閉時期により制御することを特徴とする筒内噴射エンジン。

【請求項10】 請求項4において、

インジェクタを気筒の吸気行程側に配置し、空気流動制御手段として、タンブル制御弁を有し、成層運転ではタンブル制御を閉じ方向に制御することによりタンブルを

強化し、そのタンブル流によって吸気行程噴射した燃料を、1つの点火プラグに集めることを特徴とする筒内噴射エンジン。

【請求項11】 請求項11において、

エンジン回転数が高くなると、インジェクタから遠い点火プラグに混合気が集まるように燃料噴射時期を調整する機能を有することを特徴とする筒内噴射エンジン。

【請求項12】 請求項4において、

インジェクタを気筒の中心配置し、点火プラグの点火部をインジェクタの噴口とほぼ同一線上の気筒壁側に配置し、空気流動制御手段として、タンブル制御弁を有し、成層運転ではタンブル制御を閉じ方向に制御することによりタンブルを強化し、そのタンブル流によって吸気行程噴射した燃料を、低速運転時には吸気ポート側とは反対方向に配置した点火プラグに集め、高回転時には吸気ポート側に配置した点火プラグに集めることを特徴とする筒内噴射エンジン。

【請求項13】 請求項2において、

1つの気筒に2個の吸気弁を有する機関であって、2つの方向に噴霧を形成できるインジェクタを前記2個の吸気弁間に配置し、点火プラグを各気筒の吸気弁の近くに各々設け、空気流動制御手段として、タンブル制御弁を有し、成層運転ではタンブル制御を閉じ方向に制御することによりタンブルを強化し、そのタンブル流によって噴射した燃料を、2つの点火プラグに集めることを特徴とする筒内噴射エンジン。

【請求項14】 請求項2において、

インジェクタを気筒の中心配置し、点火プラグをインジェクタの近くに配置し、空気流動制御手段として、スワール制御弁を有し、成層運転ではスワール制御を閉じ方向に制御することによりスワールを強化し、そのスワール流によって噴射した燃料を点火プラグに集めることを特徴とする筒内噴射エンジン。

【請求項15】 請求項14において、

2個の点火プラグをインジェクタの噴口に対して、オフセットした位置に配置することを特徴とする筒内噴射エンジン。

【請求項16】 請求項2において、

1つの気筒に2個の吸気弁を有し、インジェクタを気筒の吸気ポート側に配置し、2つの点火プラグを各吸気弁の近くに各々配置し、空気流動制御手段として、スワール制御弁を有し、成層運転ではスワール制御を閉じ方向に制御することによりスワールを強化し、そのスワール流によって片側の点火プラグに燃料を集めることを特徴とする筒内噴射エンジン。

【請求項17】 請求項16において、

回転が低いときにはスワール空気流動方向に向かって近い位置の点火プラグに燃料を集め、回転が高くなると離れた位置の点火プラグに燃料を集めることを特徴とする筒内噴射エンジン。

【請求項18】請求項3において、設定領域をエンジントルク、回転数に対して、圧縮着火モード域<均質EGR領域<均質EGR無領域となるようにすることを特徴とする筒内噴射エンジン。

【請求項19】請求項2において、均質混合気を形成するモードでは、燃料噴射を吸気行程に行い、吸気弁の開時期に応じて、燃焼噴射時期を変化させることを特徴とする筒内噴射エンジン。

【請求項20】請求項3において、圧縮着火モードにおけるリッチスパイクの間隔を成層リーン運転時の間隔よりも長くすることを特徴とする筒内噴射エンジン。

【請求項21】請求項3において、圧縮着火モードにリッチスパイクを行わないことを特徴とする筒内噴射エンジン。

【請求項22】請求項3において、リッチスパイク時には火花点火を行うストイキ空燃比若しくはリッチ空燃比の吸気行程噴射とすることを特徴とする筒内噴射エンジン。

【請求項23】内筒噴射エンジンであって、気筒内の空気流動を制御する空気流動制御手段と、EGR量制御手段と、一気筒当たり複数の点火手段を有し、機関が低負荷状態にあつては、前記空気流動制御手段による成層燃焼と共に、前記点火手段として1つの点火プラグによる1点火とし、機関負荷状態が高負荷状態のときは、前記EGR量制御手段を用いた均質燃焼と共に前記点火手段として、少なくとも2つの点火プラグによる複数点火による燃焼を行うことを特徴とする筒内噴射エンジン。

【請求項24】請求項23において、前記低負荷状態よりも、さらに低負荷に際し、点火プラグを用いず、機関圧縮のみにより点火する圧縮着火とすることを特徴とする筒内噴射エンジン。

【請求項25】請求項23において、前記高負荷状態よりも、さらに高負荷に際しては、前記EGR制御手段によるEGRの印加を中止すると共に1点火とすることを特徴とする筒内噴射エンジン。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、1気筒に2つの点火プラグを有する筒内噴射エンジンの構成及びその制御装置、制御方法に関する。

【0002】

【従来の技術】特開平8-35429号に示すように従来の筒内噴射エンジンではピストンにキャビティを設けて、燃料をキャビティ内に閉じこめ、点火プラグ周囲の混合気を濃くし、気筒内全体がリーンな混合気であっても、着火性を確保している。しかしながら、点火プラグ周囲の混合気が濃いため、NOxが発生しやすく、特に負荷が大きくなってきたときに成層運転を続けていると、排出NOxが増大するという問題点がある。このため排気ガ

ス浄化には、NOx浄化触媒の性能にかなり依存する必要がある。一方、均質混合気にEGRを加えることによってNOxを低減することができるが、点火プラグが1つの場合にはEGRの増加と共に火炎伝播速度が遅くなり、燃焼が不安定になりやすく、燃費低減の効果が少なくなる。点火プラグを2つ設けた構成が吸気ポート噴射で実用化されているが、燃費向上効果が不十分である。

【0003】

【発明が解決しようする課題】本願発明は、筒内噴射システムで2点火プラグを用いた場合の成層、均質混合気を制御することによって、比較的エンジントルクが大きい領域では均質混合気にEGRを付加し、2点火プラグで急速燃焼を実現する。エンジントルクが小さい領域では成層運転を行い、超リーンバーン、高EGR運転により燃費向上を図る。エンジントルクが小さいので、NOxの排出量も少なく、後処理でも対応可能である。さらにエンジントルクが小さい領域では均質圧縮着火運転を図る。これにより燃費、排気低減の両立を図ることが可能である。

【0004】本発明で1気筒に2つの点火プラグを備えた筒内噴射エンジンにおいて、運転条件に応じて、均質EGR運転、成層EGR運転を可能にするエンジンの構成、燃料噴射、空気流動制御、点火制御装置およびその制御方法を提供することを目的とする。

【0005】更には、点火プラグを用いずに圧縮着火を行い、低NOx運転を行うための制御方法を提供することを目的とする。

【0006】

【課題を解決するための手段】本発明の特徴の1つはシリンダヘッドとピストンとの間に形成される燃焼室内に燃料を噴射する燃料噴射弁と、前記燃焼室に開口する吸気ポート部とこれに係合する吸気弁と、および燃焼室内に形成された混合気に着火する複数の点火プラグ、気筒へのEGR量制御の機能を有する外部EGR弁及び吸排気制御弁とを備えた筒内噴射エンジンにおいて、複数の空燃比モード設定及び点火モード設定を有することを特徴とする。

【0007】好ましくは空燃比モード設定として、混合気を点火プラグ周囲に集める成層リーンモード、均質混合気を形成するストイキモード、均質リーンモードを少なくとも有することを特徴とする。

【0008】好ましくは空燃比モード設定として、さらに圧縮着火モードを有することを特徴とする。

【0009】好ましくは1つの気筒に点火プラグを2個有し、吸気行程に燃料を噴射し、EGRを付加した条件では2点火を行い、成層運転時には1つの点火プラグに混合気を集めることを特徴とする。

【0010】好ましくは回転が低い場合には、インジェクタの先端から近くに位置する点火プラグに混合気集め、回転が高くなるとインジェクタの先端から離れた距

離に位置する点火プラグに混合気を集めることを特徴とする。

【0011】好ましくはインジェクタを気筒の吸気行程側に配置し、空気流動制御手段として、タンブル制御弁を有し、成層運転ではタンブル制御を閉じ方向に制御することによりタンブルを強化し、そのタンブル流によって圧縮行程噴射した燃料を、1つの点火プラグに集めることを特徴とする。

【0012】上記の制御により、エンジントルクが大きい領域では均質混合気を形成し、2点火によりEGRを付加した時の急速燃焼を実現し、さらにそれより小さい運転領域では成層混合気により、EGRを付加した時の急速燃焼を図り、燃費、排気低減(NOx)を両立する。

【0013】

【発明の実施の形態】以下、本発明にかかる一実施例を図面に基づいて説明する。

【0014】図1に本発明の構成を示す。空気は空気量検出センサ10、絞り弁11、吸気管、吸気弁41を介して、エンジンへ吸入される。空気量は絞り弁11の開度を変化させることによって制御できる。空気量は空気量検出センサ10によって計量される。

【0015】吸気管には気筒内の空気流動を制御する分岐壁9、流動制御弁7を有する。タンブルを形成する場合には、分岐流動制御弁7及び分岐壁を各吸気ポートに設け、流動制御弁を閉じると分岐通路から空気が流れ、タンブルが強化される。スワール空気流動を形成する場合には、吸気ポートの一方に流動制御弁を設け、分岐壁は設けない。この場合には吸気ポートが閉じると一方に吸気弁に向かって流れが生じ、気筒内にスワール流を形成することができる。分流弁の開度は例えばステッピングモータで行う。2次通路は図示のような吸気管の外側に設けた独立通路の他、分流弁の一方の吸気弁側に切り欠きを設けた構成としてもよい。このような構成とすることにより、分流弁の開度を変化させることによって気筒内のスワール空気流の強度を制御できる。

【0016】点火プラグ38は点火装置4により点火エネルギーを供給され、任意のタイミングで火花を飛ばすことができる。

【0017】排気管と吸気ポートをつなぐ通路にEGR制御弁28を設け、外部EGR量(排気還流量)を制御する。EGR制御弁はステッピングモータなどによって、開度制御を行う。また、吸気、排気弁の開閉時期を制御するために、可変バルブ機構8を設ける。吸気、排気弁の開度はカム位相センサ5によって検出する。

【0018】吸気通路には通路切り替え弁及びアクチュエータ31を設け、3方弁32を制御することにより負圧アクチュエータ31を動かし、吸気通路を切り替える。これにより、低速～高速までのトルク特性を向上する。

【0019】燃料は燃料タンク37より、低圧フィードポンプ30、圧力レギュレータ29を介して、高圧燃料ポンプ1に導く。ポンプ1に設けた制御弁2によって吐出制御を行い、圧力センサ3で燃料圧を検出し、フィードバック制御をする。

【0020】エンジン回転数はクランク角センサ20、冷却水温は水温センサ27、エンジンノックはノックセンサ24により検出する。

【0021】排気管にはプリ触媒25及びその下流に触媒22を設ける。リーンバーン運転を行う場合には、プリ触媒に三元触媒、下流の触媒22にNOx低減機能を設ける。ストイキ運転のみの場合には両方とも三元触媒とする。

【0022】プリ触媒22の上流には空燃比センサ26、床下触媒22の入り口に排気温度センサ21、出口に酸素濃度検出センサ23を設ける。

【0023】このような構成により、エンジンの燃料噴射制御、空気制御、触媒制御を行うことができる。

【0024】図2に本発明の構成において、エンジンを上面からみた図を示す。2つの吸気弁41a、41bを設け、その間に燃料噴射弁6を配置する。気筒の中心に点火プラグ38aを設け、他の点火プラグ38bを気筒の端に設ける。吸気ポートには流動制御弁7を設け、その開度を例えばステッピングモータ11で調整する。制御弁を閉じることにより、タンブル強度を強くすることができる。点火プラグ38a、38bの配置は、燃料噴射弁6の燃料噴射方向に対して、同軸(同一線上)であることが望ましい。これは後述するように、噴射した燃料をタンブルで点火プラグへ搬送する際、同じ軸上にあった方がよい。

【0025】図3にエンジンの縦断面を示す。エアフロセンサ10で空気量を検出し、電子制御スロットル11により空気量を制御する。吸気管の通路は分岐壁9により2分割されている。タンブルを強化する場合には流動制御弁7を閉じることにより、吸入空気が吸気弁41の上面側を流すことで実現できる。インジェクタ6は吸気ポート側に配置することにより、デポの形成も防止できる。吸気、排気弁には開閉時期を制御する可変バルブ機構8a、8bを備える。

【0026】図4に動作の例を示す。均質混合気を形成する場合には、インジェクタ6より燃料を吸気行程中に噴射する。これによって、燃料と吸入される空気が十分混合し、図に示すように均質な混合気を形成できる。吸気にEGRを混入させた場合には空気、EGRのガスに燃料が混合した混合気が形成される。

【0027】図5にEGR率に対する、燃費、NOx排出の効果を示す。空燃比を一定の条件でEGRを多くすることによって、吸入されるガスの量が多くなり、スロットルが開く。これにより、吸気管内の圧力が大気圧に近づき、ポンプ損失が低減でき、燃料消費量低減が図れ

る。また、EGRを付加することによって、燃焼温度を低下できるので、NOx排出を低くできる。しかし、EGRを付加すると、燃焼速度が遅くなり、燃焼効率が悪くなる。このため、点火プラグを2つ用いることによって、火炎伝播距離を短くでき、燃費低減を図ることができる。

【0028】図6にモード運転時でのエンジン動作点と運転モードを示す。エンジントルクが大きい場合には吸気行程噴射により、均質混合気を形成する。エンジントルクが小さくなるにつれて、EGR率を高めてゆき、ポンプ損失の低減をはかり、燃費向上させる。さらに、トルクが小さい領域ではEGR率を25%以上とする必要がある。そこで、成層運転に切り替え、点火プラグ周囲の混合気の濃度を大きくし、さらにEGR率の増加を図る。これにより火炎伝播速度を均質時に比べて大きくできるので、燃焼効率を向上可能である。

【0029】図7、図8により成層運転時の制御方法を説明する。インジェクタ6より噴射された燃料39がタンブル空気流動によって点火プラグ38aに搬送される。燃料の噴射時期は圧縮行程噴射とし、エンジン回転数が高くなるほど、早めに噴射する。タンブル空気流動は2つの吸気ポートに設けた流動制御弁7を閉じることによって形成可能である。この例ではピストン壁にガイドされて燃料が点火プラグ方向に搬送されるのでない。フラットピストンまたはタンブルを保存するための形状を付加する。従来の筒内噴射では、燃料をガイドするため、ピストンに大きなキャビティを設けたりしており、可変バルブではピストンとバルブの干渉が起こったり、ピストンの表面積が増加し、冷却損失が増大、燃費向上を阻害する要因となっていた。本方式ではフラットに近いピストンで成層が可能であるので、燃費向上にも優位である。

【0030】図9(a)に低回転時に成層化しているときの混合気の挙動を示す。点火プラグ38aに混合気を集める。一方、図9(b)に示すように高い回転時には点火プラグ38bに燃料を集める。これは燃料噴射時期、点火時期を制御することによって実現できる。具体的には、高回転時には燃料噴射時期を早める。このようにすることによって、高回転時でも噴射してから点火までの時間を長くとることができ、燃料の蒸発が促進され、燃焼の安定性が向上する。また、蒸発不足の燃料が点火プラグに到達しにくくなるので、低温時の点火プラグのくすぶりも防止できる。

【0031】図10燃料噴射時期と点火時期を変化させたときの、燃焼安定領域を比較した図を示す。高回転時の成層条件では点火プラグ38aに成層化した場合より、38bに成層化したほうが、安定領域が拡大可能である。また、点火プラグ38bに成層して、2個の点火プラグから点火した場合でも安定した燃焼が可能である。

これは、ほとんどの燃料は点火プラグ38bで燃焼するが、点火プラグ38a周りに残っている燃料を点火プラグ38aで燃焼できることにより、若干安定性を向上できる。

【0032】図11にエンジントルク、エンジン回転数に対する点火及びEGRの制御方法である。アイドルなどでは空気流動が弱く、混合気も不安定なので、2点火にする。さらに負荷を大きくしたときには点火プラグ38aに成層化して、その点火プラグから点火する。燃料の噴射時期は圧縮行程である。高回転時には点火プラグ38bに成層化するが、空気流動の乱れが大きくなり、成層度が落ちるので、両方の点火プラグから点火する。しかし、いずれもEGRを大きくして、燃費向上、低NOx化を図る。さらにエンジントルクを大きくしたときには、吸気行程で燃料を噴射し、均質混合気を形成し、EGRを約25%加える。このとき燃焼速度を大きくするため、2点火とする。負荷の増大とともにEGRを減少する。さらに負荷を大きくし、EGRを少なくすると燃焼速度が大きくなりすぎ、燃焼圧力の上昇が急になるので、燃焼音が大きくなるので、1点火に切り替える。

【0033】図12に制御ブロックを示す。吸入空気量、エンジン回転数に基づき、実TP及びアクセルペダル開度より運転者の要求トルクを求め、トルク制御を行い、燃料噴射、電子スロットル制御を行う。燃焼モードとしては均質ストイキモード、均質リーンモード、成層モードを有し、必要に応じて、圧縮着火モードを付加する。これら燃焼モードに応じて、点火時期、EGRマップ、キャニスタバージマップ、気筒内流動制御のための流動制御弁開度マップを切り替える。EGRに応じて、外部EGRバルブ及び可変バルブによる内部EGR制御をする。内部EGRは外部EGRに比べて温度が高いため、燃料の蒸発が促進され、HC、スモークの低減効果もある。クランキング時には高圧ポンプのバイパスバルブを開き、低圧ポンプの燃料が直接インジェクタに導けるようにする。燃料圧力は燃料圧力センサ信号に基づき、燃料圧力レギュレータの開度を制御し、燃料圧力フィードバックを行う。

【0034】図13、図14に制御ブロック及びフローチャートを示す。吸入空気量及びエンジン回転数に基づき、TPを求める。一方、アクセルペダル開度、エンジン回転数から、基準TPM及びそれにISC空気量を考慮した基準TPを求める。基準TPにインジェクタの無効噴射パルス幅Tsを加えて、燃料噴射パルス幅を決めて、インジェクタを駆動する。空気量はアクセルペダルから求まる基準TPと空気量より求まる実TPの差がなくなるように電子スロットル開度を制御する。以上により、ドライバの意図に応じて、トルク制御、空燃比制御を行うことができる。さらに、燃焼のモードに応じて、点火時期、点火プラグ選択、EGR、流動制御を行い、各アクチュエータを駆動する。



【0035】図15(a)に本発明を他の燃料噴射制御で実現する場合の説明を示す。吸気行程で燃料を噴射する。低回転では燃料39がタンブルで一周まわってきて、点火プラグ38a及び38b付近に到達するときに点火を行う。燃費のよい点火時期は成層運転において、約10から20BTDCであるので、この点火時期の燃料が点火プラグに到達するように燃料の噴射時期及び流動制御弁によりタンブル強度の制御を行う。圧縮行程噴射での成層法に比べてのメリットは噴射してから点火までの時間が長いので、燃料の蒸発時間を確保でき、混合気形成を向上できる。

【0036】2つの吸気弁の間に燃料を噴射しているので、2つの吸気弁毎に形成されたタンブルの間で壁ができ、成層化が維持できるが、吸気行程で噴射するので、圧縮行程で噴射したよりも分散しやすい。そのため、2つの点火プラグで点火することにより、分散された混合気でも確実に着火できる。また、成層度が低い分だけ、NOxの排出を低減できる効果もある。

【0037】図16に燃料噴射時期とリーン限界空燃比の関係を示す。燃料は吸気行程噴射として、早期噴射による成層化を行った場合である。2点火の方がリーン限界空燃比を拡大できる。リーン限界を拡大するためには、混合気が点火プラグに到達できる燃料噴射時期を選定する必要がある。この噴射時期はエンジン回転数、タンブル強度にも依存するので、運転条件に応じたマップを設けるなど調整が必要である。

【0038】図17、図18に本発明の他の実施例を示す。インジェクタ6を気筒の中心に配置する。点火プラグは吸気弁側及び排気弁側の気筒側壁付近に配置する。望ましくは点火プラグをインジェクタの噴口と同一線上に配置する。吸気ポートにはタンブル流動を形成するための流動制御弁7及び分岐壁9を設ける。インジェクタを気筒の中心に配置することによって、噴射した燃料を気筒全体に分散しやすくなるので、混合気の均質化が促進され、スロットル全開トルク、均質性能(EGR, リーン運転)が向上する。

【0039】図19(a)、図20(a)に成層化したときの燃料の分布状況を示す。インジェクタ6から噴射された燃料がタンブル流動によって、点火プラグ38bに搬送される。燃料の噴射時期として、圧縮行程噴射とする。点火時期として、燃費がよくなる時期を選べるように燃料噴射時期を調整する。図19(b)、図20(b)のように、吸気行程で燃料を噴射し、タンブル流動により燃料39を搬送し、吸気ポート側の点火プラグ38aに集めてもよい。この場合には燃料が噴射してから点火までの時間を長くとれるので、燃料の気化が促進し、混合気の着火性の向上、すす、HC、NOxの低減に効果がある。低回転では流動が弱いので図19(a)のように圧縮行程で燃料を噴射し、噴射から点火までの時間を短くして、分散を防止し、一方高回転時にはタン

ブル流動によって混合気を搬送し、図19(b)のように点火プラグ38aで点火し、気化時間を確保してもよい。図21、図22に本発明の他の実施例を示す。インジェクタ6を吸気ポート側の気筒壁近くに配置する。各吸気弁の出口近くに点火プラグを配置する。インジェクタからの燃料噴霧は各点火プラグ方向に向うように2方向噴霧とする。噴射された燃料はタンブル流動によって、点火プラグ方向に搬送される。この場合、2つの点火プラグに成層化されるので、点火プラグ1個当たりの燃料量が少なくなり、同一運転条件では、NOxを低減できる。また、点火プラグ周りの混合気の濃度を点火プラグ1個の場合と同じにした場合には、成層運転域を拡大することができる。

【0040】図23、図24に本発明の他の実施例を示す。インジェクタ6を気筒の中心に配置する。点火プラグ38a、38bはインジェクタ6の近くに配置する。吸気ポートにはスワール流動を形成するための流動制御弁7を設ける。インジェクタを気筒の中心に配置することによって、噴射した燃料を気筒全体に分散しやすくなるので、混合気の均質化が促進され、スロットル全開トルク、均質性能(EGR, リーン運転)が向上する。気筒の中心から噴射された燃料は燃料を包むスワール流動によって気筒中心に集められ、点火時期においても成層化を維持できる。点火プラグを2個設けることによって、集められた混合気に対して、点火の機会が多くなり着火性が向上し、燃焼が安定する。点火プラグを2個とすることによって成層時の混合気の塊りを大きくできるので、同一運転では、燃料の濃度が小さくなり、燃焼温度が低下し、NOxを低減できる。また、図25(a)のように混合気の周囲から点火し、中心に向かって火炎が伝播するので、クエンチ層を小さくでき、1点火に比べて、2点火ではHCを低減できる。さらに周囲の既燃焼ガスを取り込みながら、燃焼が進むので自己EGRの効果でNOxを低減できる。

【0041】図26(a)のように2個の点火プラグをオフセットさせることによって、火炎伝播が中心に集まり、燃焼圧力が高くなるのを防止できるので、さらに図26(b)に示すようにNOxの低減が可能である。

【0042】図27(a)、図27(b)に本発明の他の実施例を示す。インジェクタ6を気筒の吸気ポート側の壁面付近に配置する。点火プラグ38a、38bは各吸気弁の近くに配置する。吸気ポートにはスワール流動を形成するための流動制御弁7を設ける。インジェクタから噴射された燃料はスワール流動によってスワール下流に運ばれ、点火プラグ付近に集めることができる。回転が低い場合には図27(a)のように点火プラグ38aに集め点火する。一方、回転が高くなったときには、図27(b)のようにスワール下流の点火プラグ38bで点火する。このような制御によって、高回転時での燃料の気化時間を十分確保可能であり、燃焼安定化を図る

ことできる。

【0043】図28に3500rpmで、成層運転を行った場合での燃焼安定領域を示す。点火プラグ38bとすることによって、安定領域を拡大できる。

【0044】図29にエンジントルク、エンジン回転数に対する点火及びEGRの制御方法である。アイドルなどでは空気流動が弱く、混合気も不安定なので、2点火にする。さらに負荷を大きくしたときには点火プラグ38aに成層化して、その点火プラグから点火する。燃料の噴射時期は圧縮行程である。高回転時には点火プラグ38bに成層化し、点火プラグ38bから点火する。いずれもEGRを大きくして、燃費向上、低NO<sub>x</sub>化を図る。さらにエンジントルクを大きくしたときには、吸気行程で燃料を噴射し、均質混合気を形成し、EGRを約25%加える。このとき燃焼速度を大きくするため、2点火とする。負荷の増大とともにEGRを減少する。さらに負荷を大きくし、EGRを少なくすると燃焼速度が大きくなりすぎ、燃焼圧力の上昇が急になるので、燃焼音が大きくなるので、1点火に切り替える。

【0045】図30、図31に本発明の他の実施例を示す。インジェクタ6を気筒の吸気ポート側の壁面付近に配置する。点火プラグ38a、38bは各吸気弁の近くに配置する。この実施例では気筒内には均質混合気を形成するので、スワール、タンブルなど流動制御弁を設けないので、吸気通路の構成が簡単化できる。エンジントルク、回転数が小さい領域では均質リーンな混合気を形成し、点火プラグによらず、圧縮着火による燃焼をさせる。圧縮着火では多点から着火が生じるので、各位置での火炎伝播距離が短くてすみ、均質混合気でのリーン燃焼が可能になる。圧縮着火時期を制御するために、可変バルブを制御することにより内部EGR量を制御する。内部EGRは温度が高いため、混合気の温度調整に使えると共にその後の燃焼速度を制御できる。さらにエンジントルクが大きい領域では均質混合気のEGRを付加して、燃費、NO<sub>x</sub>の低減を図る。EGRによる燃焼速度の低下に対応するため、2点火とする。さらにエンジントルクが大きい領域ではEGRをなくし、燃焼速度が速すぎないように、1点火燃焼とする。この構成例では、低負荷運転は圧縮着火によるリーン燃焼で、低NO<sub>x</sub>化、高負荷ではストイキ混合気にEGRを加えることにより低NO<sub>x</sub>化を実現できる。ストイキ運転により3元触媒を利用することができる。

【0046】図33、図34に本発明の他の実施例を示す。インジェクタ6を気筒の吸気ポート側の壁面付近に配置する。点火プラグ38a、38bは各吸気弁の近くに配置する。この実施例では吸気管の通路は分岐壁9により2分割されており、タンブルを強化する場合には流動制御弁7を閉じることにより、吸入空気が吸気弁41の上面側を流すことで実現できる。エンジントルク、回転数が小さい領域では均質リーンな混合気を形成し、点

火プラグによらず、圧縮着火による燃焼をさせる。圧縮着火では多点から着火が生じるので、各位置での火炎伝播距離が短くてすみ、均質混合気でのリーン燃焼が可能になる。さらにエンジントルクが大きくなるとタンブルを強化し、タンブルにより点火プラグ周りの混合気を集め、成層運転をする。さらにエンジントルクが大きい領域では均質混合気のEGRを付加して、燃費、NO<sub>x</sub>の低減を図る。EGRによる燃焼速度の低下に対応するため、2点火とする。さらにエンジントルクが大きい領域ではEGRをなくし、燃焼速度が速すぎないように、1点火燃焼とする。この構成例では、低負荷運転は圧縮着火によるリーン燃焼で、低NO<sub>x</sub>化、高負荷ではストイキ混合気にEGRを加えることにより低NO<sub>x</sub>化を実現できる。ストイキ運転により3元触媒を利用することができる。

【0047】図36(a)、図36(b)に排気行程での排気の挙動を示す。排気行程後期に吸気弁が開くと気筒内の圧力が吸気管の圧力よりも高い条件では排気が気筒内に逆流する。その後図37(a)、(b)のように吸気管に逆流した排気が再び吸気行程で吸入される。この温度の高いEGRの吸入に併せて燃料を噴射することによって、燃料の気化を促進でき、混合気の均質化の程度を向上することができる。可変バルブでは図38のように吸気弁の位相を制御するので、この位相の時期に合わせて燃料噴射時期を制御する必要がある。即ち、吸気弁の開く時期が早くなると、燃料の噴射時期も早めるように制御する。

【0048】図39に本発明におけるエンジントルクの制御例を示す。エンジンの水温が低い時には吸気行程噴射として、空燃比14.7で運転する。このときにはスロットル開度とエンジントルクは連動する。暖機後はエンジントルクが小さいときには空燃比70のままで、スロットル制御を行う。さらにエンジントルクが大きくなったときには圧縮着火モードにして、空燃比を可変として、トルク制御を行う。空燃比がさらに大きくなったときには、例えば40においては圧縮行程に燃料を噴射し、成層運転を行う。火花点火とする。空燃比が20以上になった場合には、空燃比を14.7として、EGRを加えてスロットルに連動したトルク制御とする。さらにトルクが大きくなったときにはEGRの付加をやめる。成層運転中のNO<sub>x</sub>の浄化のために、リッチスパイクが必要な場合には、①の運転から②に運転に切り替える。エンジントルクの変動がないように、スロットルを制御して、リッチとする。このとき、EGRを付加しておいてもよい。エンジンの負荷が小さく、触媒の温度が上がりにくいときには、排気温度が高くなるために、EGRを付加しなくてもよい。

【0049】図40にリッチスパイクの制御を示す。圧縮着火では排出NO<sub>x</sub>が数ppmと少ないので、NO<sub>x</sub>触媒のためのリッチスパイク制御を行わない。または行う



場合でも、スパイクの回数、幅を少なくする。一方、成層リーン運転をする場合には、 $\text{NO}_x$ の排出が多くなるので、リッチスパイク制御を加える。この時のスパイクの間隔は圧縮着火時に比べて、短くする。均質14.7 + EGR 制御の場合には、三元触媒が有効であるので、リッチスパイク制御を行わない。

【0050】圧縮着火運転と均質EGR運転を行い、成層リーン運転を含まない場合には、三元触媒を用いて、 $\text{NO}_x$ 触媒によるリッチ制御は行わない。

【0051】圧縮着火運転と均質EGR運転を行い、成層リーン運転を含まない場合には、三元触媒を用いて、 $\text{NO}_x$ 触媒によるリッチ制御は行わない。

【0052】図41に点火制御の方法を示す。図8の構成を例にとり説明する。図41(a)に示すように成層運転を行う場合には一方の点火プラグに燃料を集めるように燃料噴射の制御を行う。エンジン回転数が低い場合（例えば4000rpm以下）には、噴射した燃料を気筒の中心近くに配した点火プラグ38aに集め、混合気が点火プラグに到達するタイミングに合わせて、点火プラグ38aより放電を行う。一方、図41(b)に示すようにエンジン回転数が高くなると噴射した燃料が点火プラグに到達するまでの時間が短くなるため、燃料気化が不十分になりやすい。そこで、燃料噴射弁から離れた位置にある点火プラグ38bに燃料を集めるように、燃料噴射時期を早めるように制御する。この場合に点火プラグ38bのみで点火してもよいし、点火の機会を増やすために、点火プラグ38bの点火後に（時間Td後に）点火プラグ38aより点火を行ってもよい。点火プラグ38bの点火の後に、点火プラグ38aを動作させるのは、点火プラグ38aの点火、火炎伝播によって、点火プラグ38bの周りの混合気が吹き飛ばされてしまうのを防止するためである。また、アイドル運転など空気の流動が小さくなり、点火プラグ周辺に混合気が到達しにくくなる場合も、両方の点火プラグから点火を行ってよい。この場合には噴射から点火までの時間が長いので、点火プラグ38aに混合気が集まるようにして、点火プラグ38aの点火を点火プラグ38bの点火よりも先に行うようにするのが望ましい。

【0053】図42に点火制御の他の実施例を示す。図18の構成を例にとり説明する。低回転の成層を行う場合には、点火プラグ38bに燃料を集めるように圧縮行程に燃料を噴射する。点火の機会を増やすために、2回放電させる。成層運転でエンジン回転数を高めるときには、燃料噴射から点火までの時間を長くするために、燃料噴射時期を早め、点火プラグ38aに混合気が到達したところで、点火を行う。この場合も点火の機会を増やすために、2回以上の放電を行ってもよい。また、点火プラグ38aの点火した後に点火プラグ38bより点火してもよい。

【0054】均質低中負荷運転ではEGRを加えるた

め、燃焼速度を遅くなりやすい。このため、2つの点火プラグより点火を行う。点火時期は2つの点火プラグで同時でもよいが、圧縮比が高いエンジンなどノックが起こりやすい場合には、温度が高くなりやすい、排気弁側の点火プラグ38bからの点火を早くするのが望ましい。均質高負荷運転では、2つの点火プラグから点火すると燃焼が早くなり過ぎて、燃焼圧力が高まり、燃焼音が大きくなる場合には、点火を1つに切り替える。この場合も温度の高くなりやすい点火プラグ38bから点火するのが望ましい。図43に本発明の立体構成図を示す。インジェクタ6より噴射された燃料39がタンブル空気流動によって点火プラグ38aに搬送される。燃料の噴射時期は圧縮行程噴射とし、エンジン回転数が高くなるほど、早めに噴射する。タンブル空気流動は2つの吸気ポートに設けた流動制御弁7を閉じることによって形成可能である。この例ではピストン壁にガイドされて燃料が点火プラグ方向に搬送されるのでないで、フラットピストンまたはタンダルを保存するための形状を付加する。タンブル空気流動はピストンに上面に設けられたキャビティにより上死点近くまで保存されると共にキャビティ側壁により混合気が横方向へ拡散するのを防止する効果がある。従来の筒内噴射では、燃料をガイドするため、ピストンに大きなキャビティを設けたりしており、可変バルブではピストンとバルブの干渉が起こったり、ピストンの表面積が増加し、冷却損失が増大、燃費向上を阻害する要因となっていた。本方式ではフラットに近いピストンで成層が可能であるので、燃費向上にも優位である。

【0055】

【発明の効果】本発明によれば、均質混合気での高EGR運転を可能にすると共に、成層運転も可能であるので、低負荷から高負荷まで大幅な燃費向上、 $\text{NO}_x$ 低減を図ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明のシステム図。

【図2】本発明のエンジンの横断面図。

【図3】本発明のエンジンの縦断面図。

【図4】動作説明図。

【図5】動作説明図。

【図6】動作説明図。

【図7】本発明のエンジンの横断面図。

【図8】本発明のエンジンの縦断面図。

【図9】動作説明図。

【図10】エンジン試験結果。

【図11】点火、燃焼モードの切り替えマップ。

【図12】制御ブロック図。

【図13】制御ブロック図。

【図14】フローチャート。

【図15】吸気行程噴射した場合の動作説明図。

【図16】エンジン試験結果。

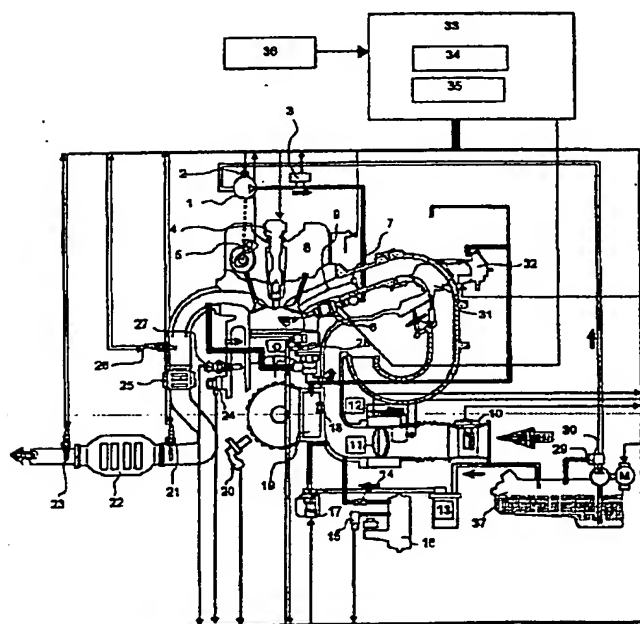
- 【図17】本発明の他の実施例でのエンジンの横断面図。  
 【図18】本発明の他の実施例でのエンジンの縦断面図。  
 【図19】動作説明図。  
 【図20】動作説明図。  
 【図21】本発明の他の実施例でのエンジンの横断面図。  
 【図22】本発明の他の実施例でのエンジンの縦断面図。  
 【図23】本発明の他の実施例でのエンジンの横断面図。  
 【図24】本発明の他の実施例でのエンジンの縦断面図。  
 【図25】動作説明図。  
 【図26】動作説明図。  
 【図27】本発明の他の実施例でのエンジンの横断面図。  
 【図28】エンジン試験結果。  
 【図29】点火、燃焼モードの切り替えマップ。  
 【図30】本発明の他の実施例でのエンジンの縦断面図。  
 【図31】本発明の他の実施例でのエンジンの横断面図。

- 図。  
 【図32】点火、燃焼モードの切り替えマップ。  
 【図33】本発明の他の実施例でのエンジンの縦断面図。  
 図。  
 【図34】本発明の他の実施例でのエンジンの横断面図。  
 図。  
 【図35】点火、燃焼モードの切り替えマップ。  
 【図36】排気行程での排気挙動の説明図。  
 【図37】動作説明図。  
 【図38】吸気、排気弁のリフト。  
 【図39】本発明におけるエンジントルクの制御例。  
 【図40】本発明におけるリッチスパイクの制御例。  
 【図41】本発明における点火制御の例。  
 【図42】本発明における点火制御の他の例。  
 【図43】本発明におけるエンジンの立体構成図。  
 【符号の説明】

1…高圧燃料ポンプ、4…点火装置、6…インジェクタ、8…可変バルブ、10…空気量検出センサ、11…絞り弁、20…クランク角センサ、21…排気温度センサ、22…NO<sub>x</sub>触媒又は三元触媒、28…EGRバルブ、33…コントロールユニット、38…点火プラグ、41…吸気弁。

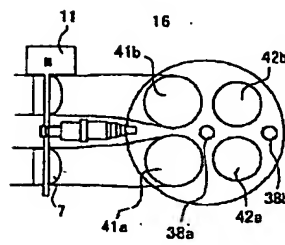
【図1】

図 1



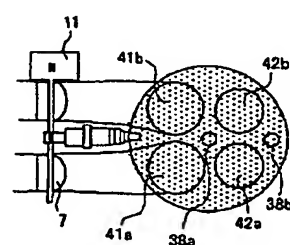
【図2】

図 2



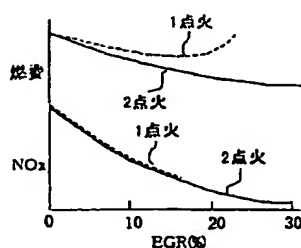
【図4】

図 4



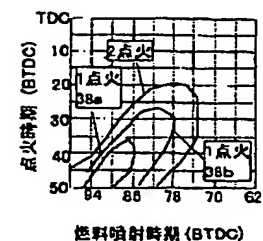
【図5】

図 5



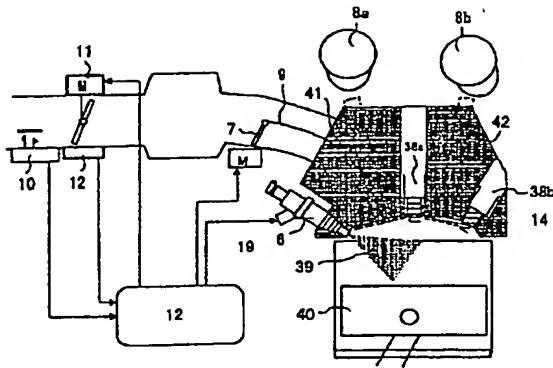
【図10】

図 - 10



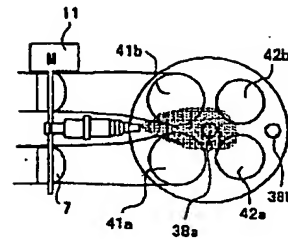
【図3】

図 3



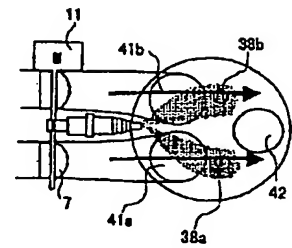
【図7】

図 7



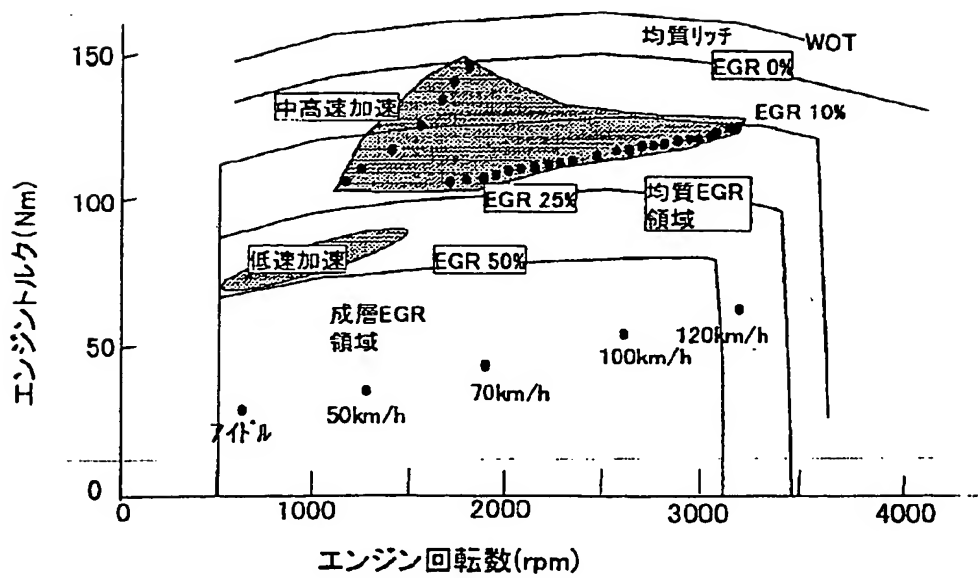
【図21】

図 21



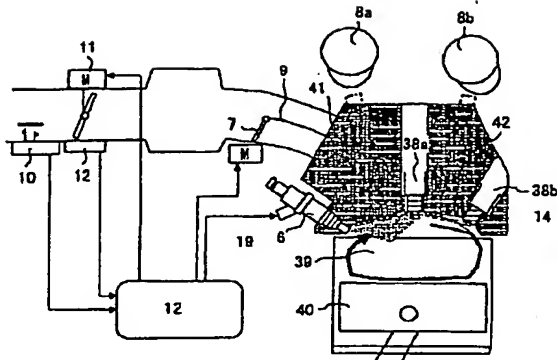
【図6】

図 6



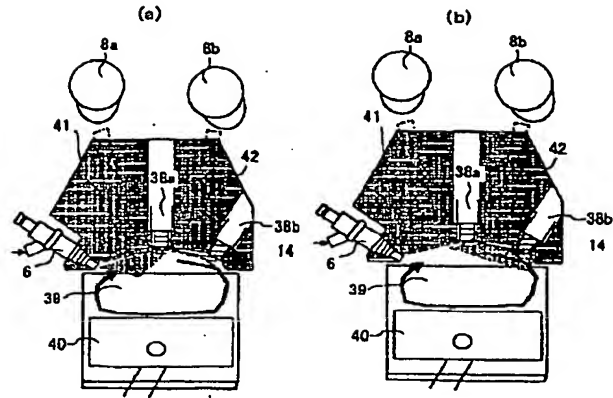
【図8】

図 8



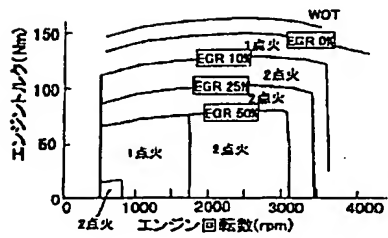
【図9】

図 9



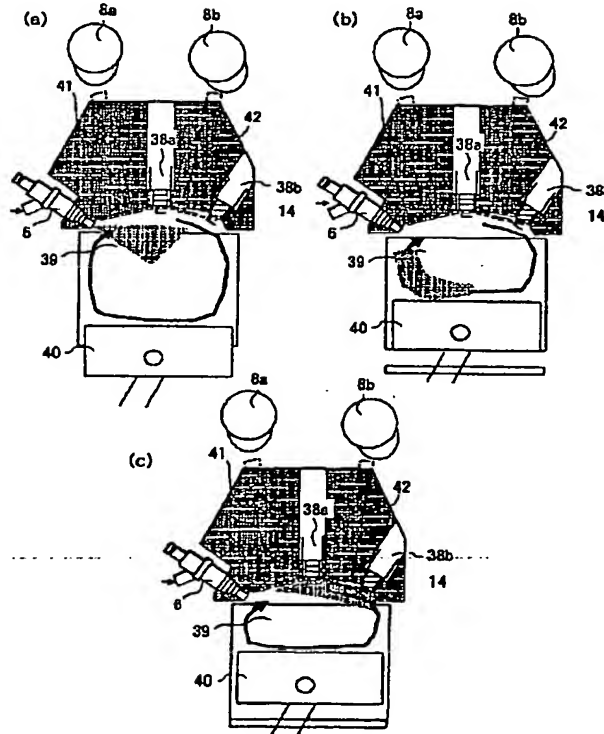
【図11】

図 11



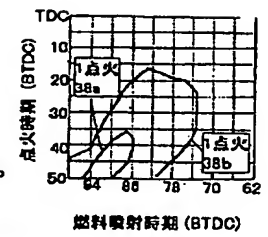
【図15】

図 15



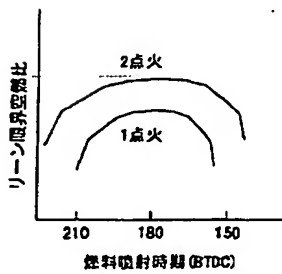
【図28】

図 28



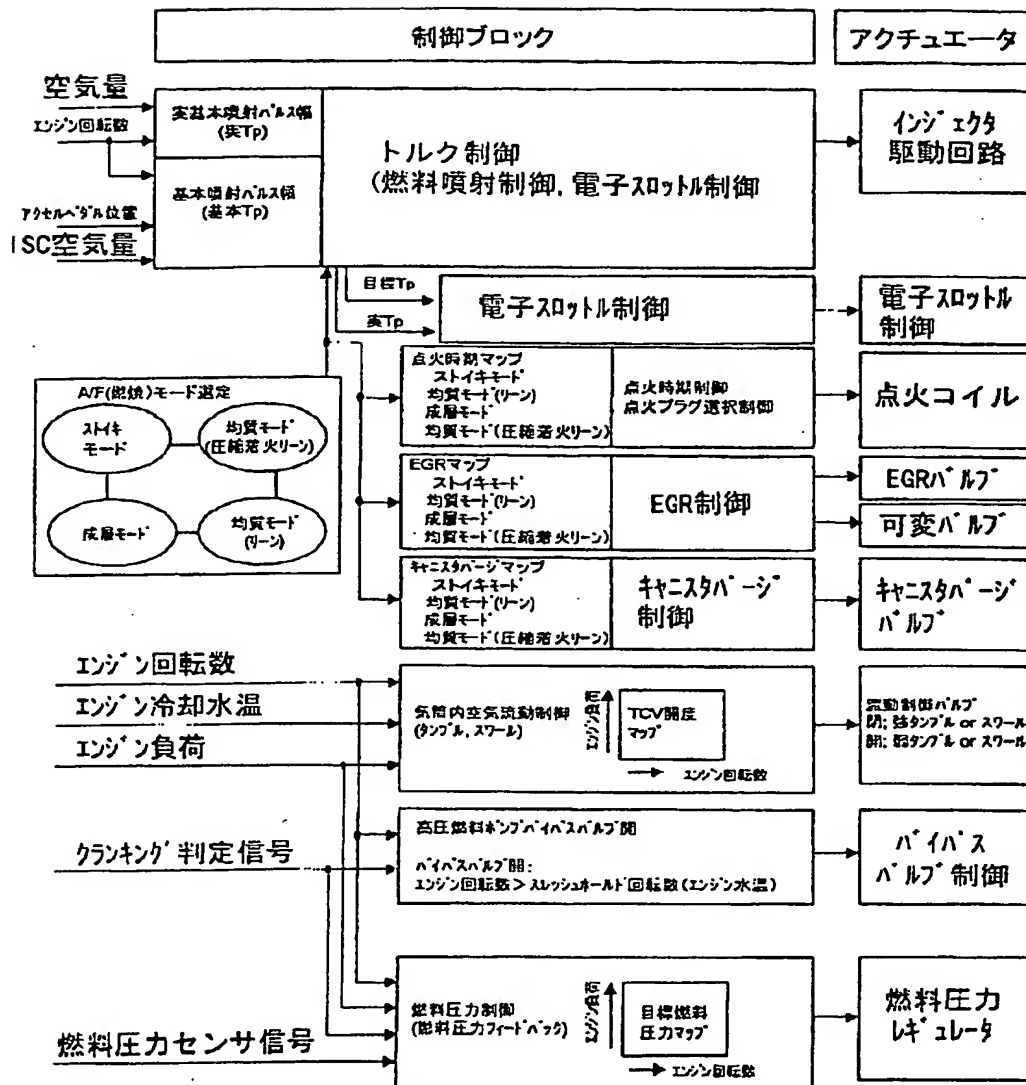
【図16】

図 16

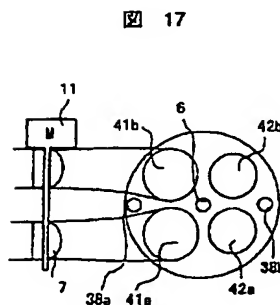


【図12】

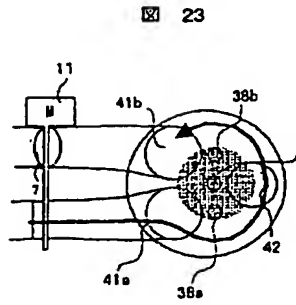
図 12



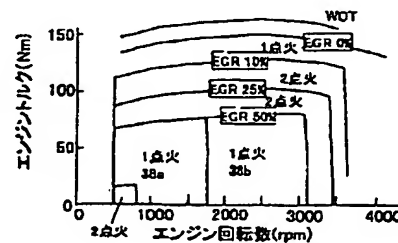
【図17】



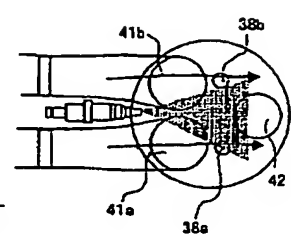
【図23】



【図29】

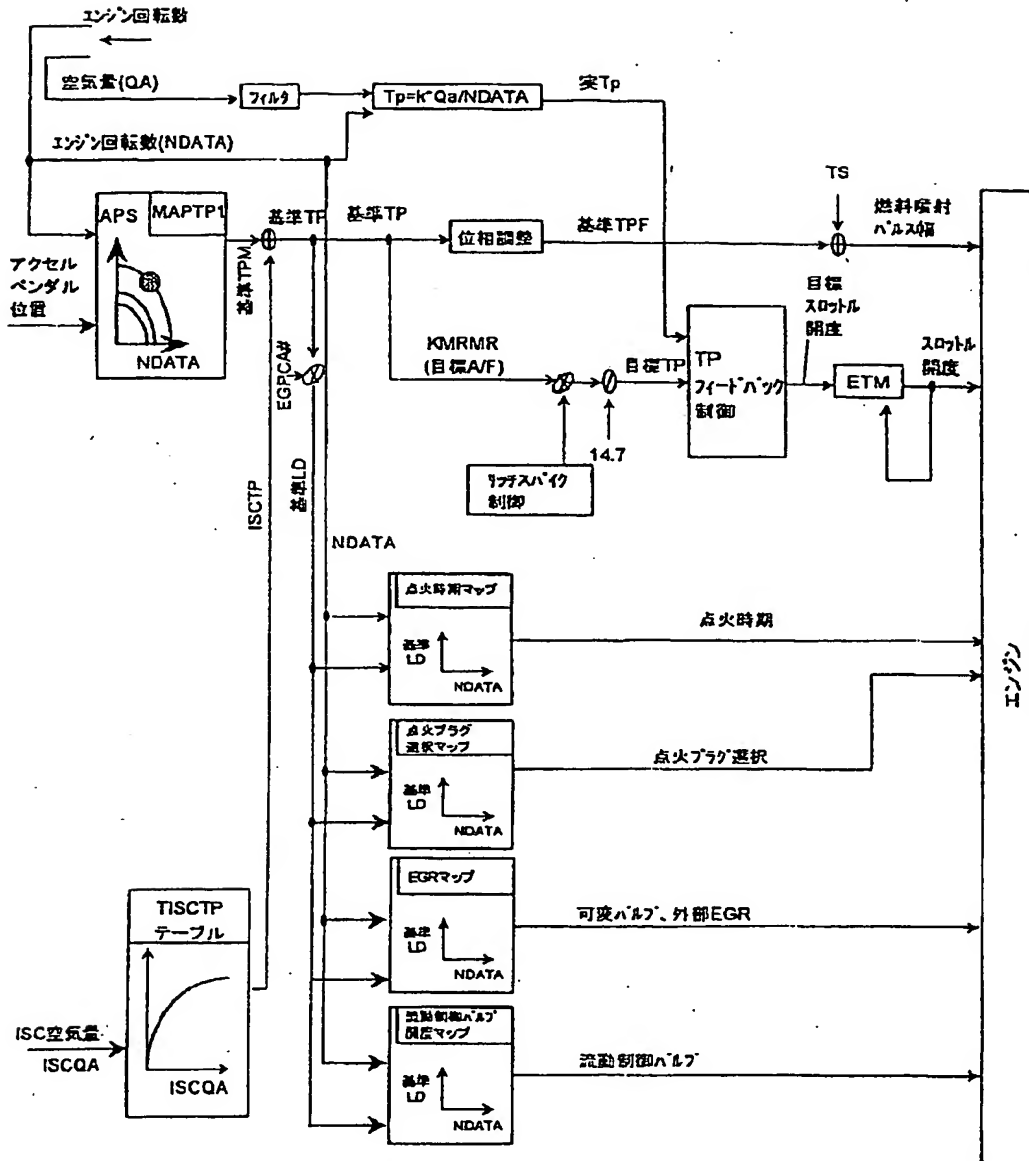


【図31】



【図13】

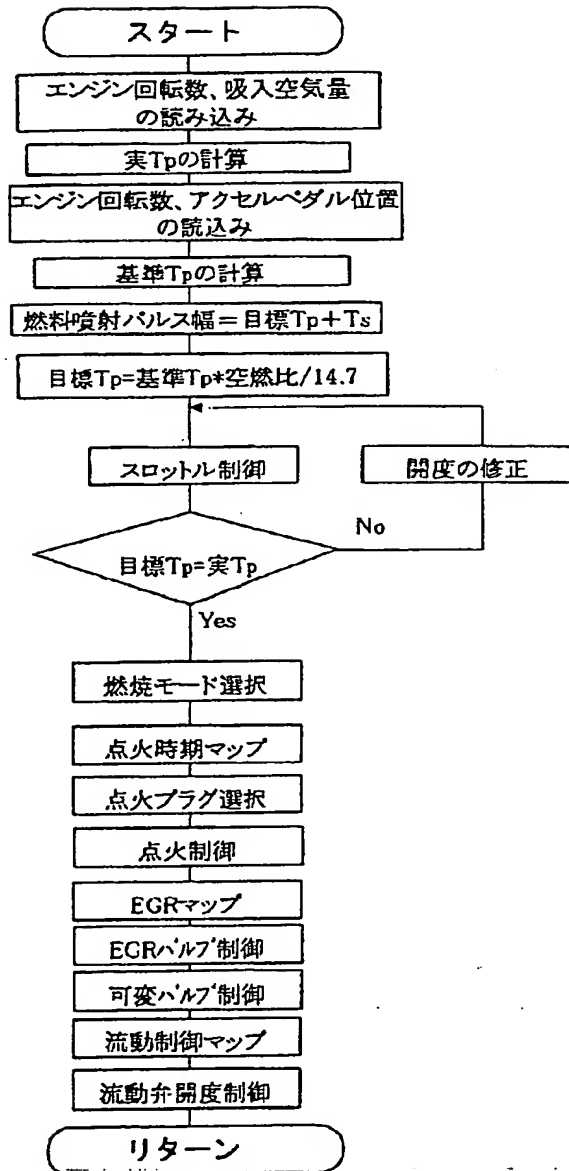
図 13





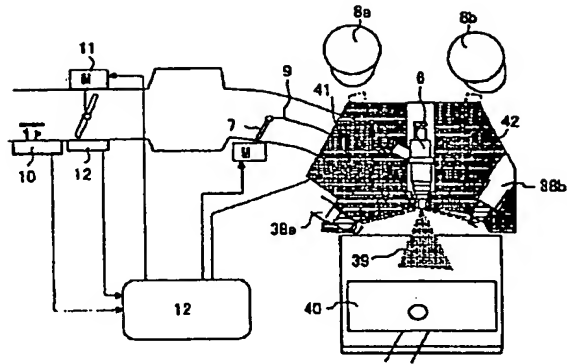
【図14】

図 14



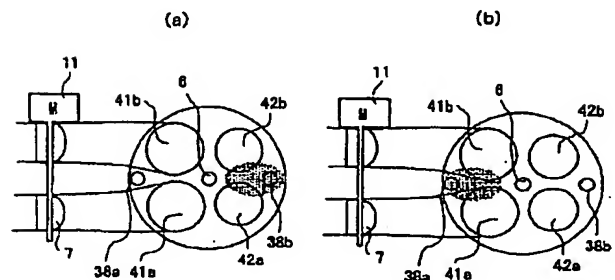
【図18】

図 18



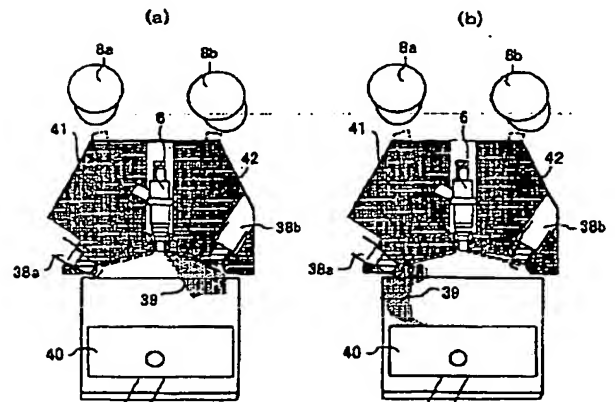
【図19】

図 19



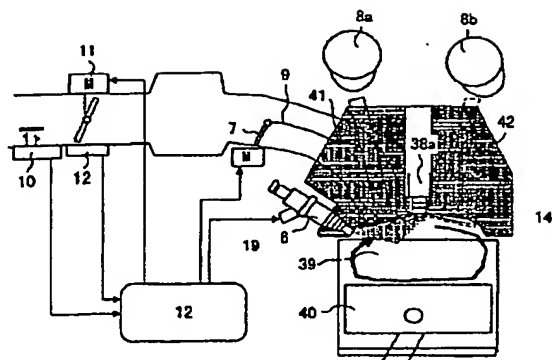
【図20】

図 20



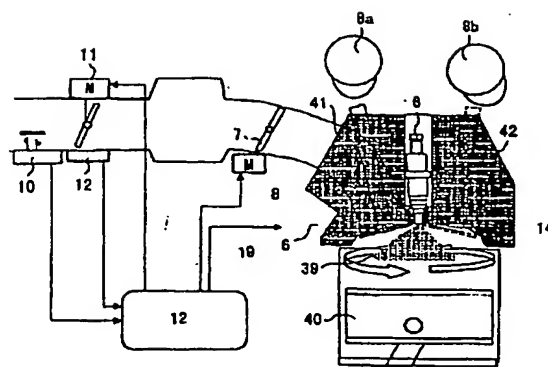
【図22】

図 22



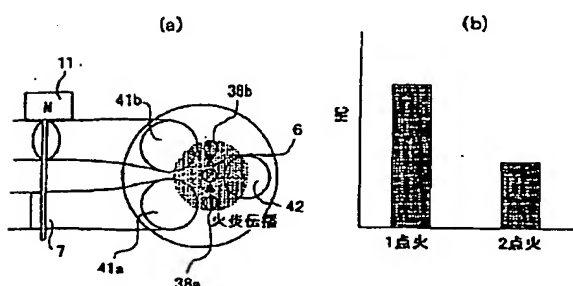
【図24】

図 24



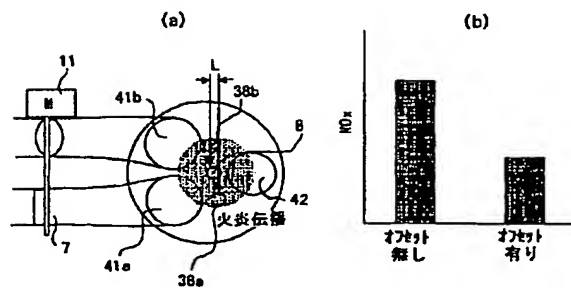
【図25】

図 25



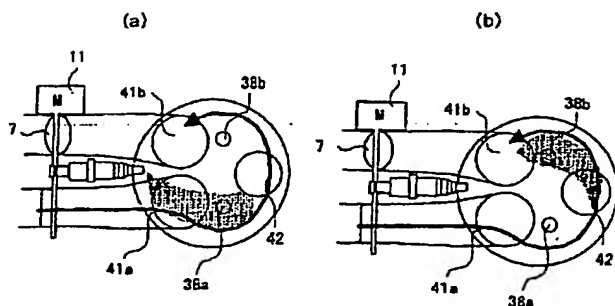
【図26】

図 26



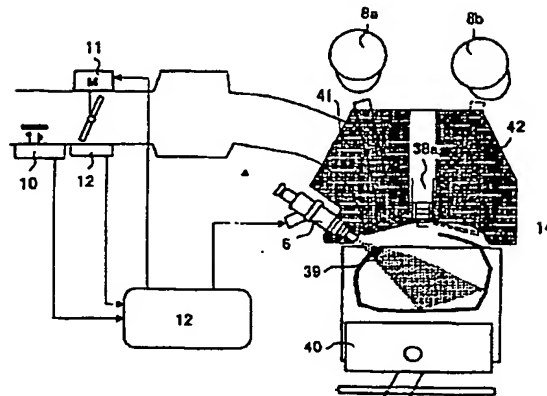
【図27】

図 27



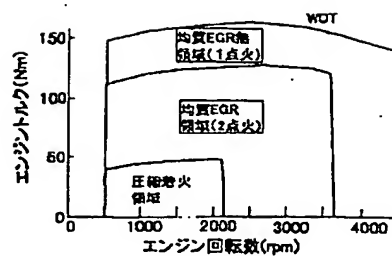
【図30】

図 30



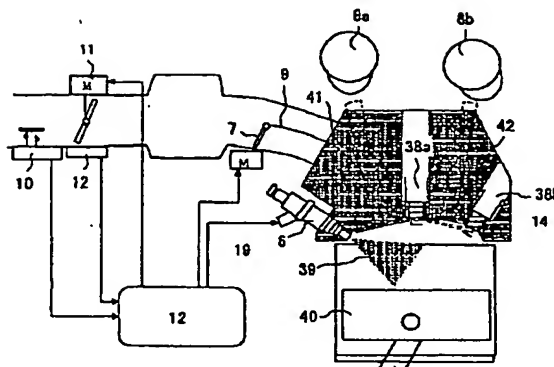
【图32】

32



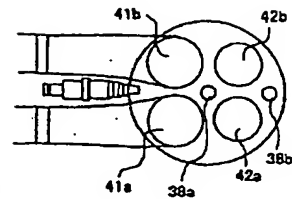
【图33】

Figure 33



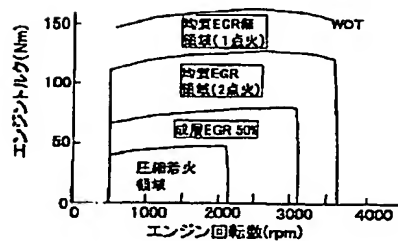
【図34】

圖 34



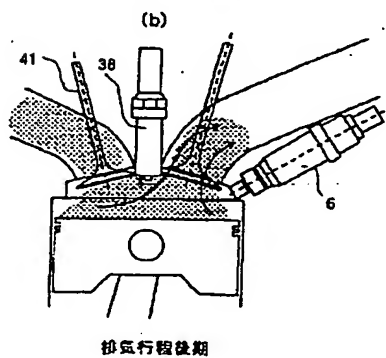
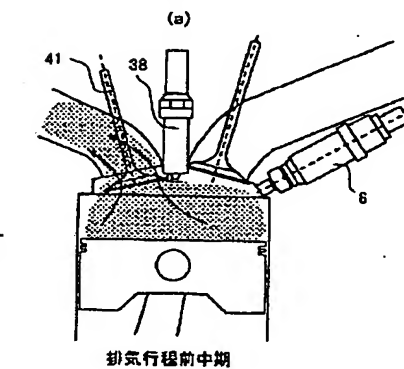
【図35】

**35**



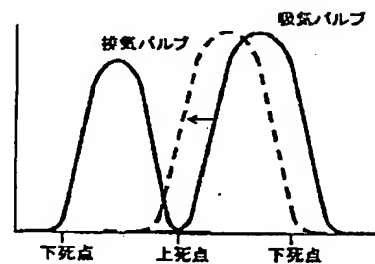
【图36】

图 36



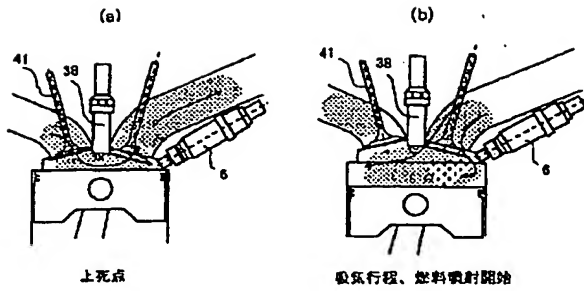
【图38】

**图 38**



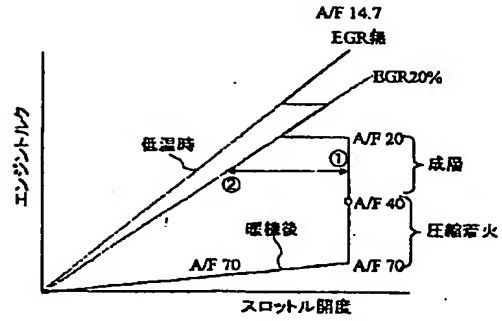
【図37】

図 37



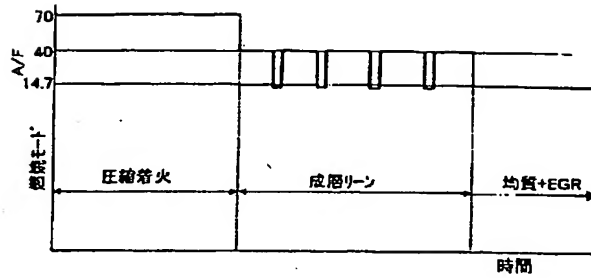
【図39】

図 39



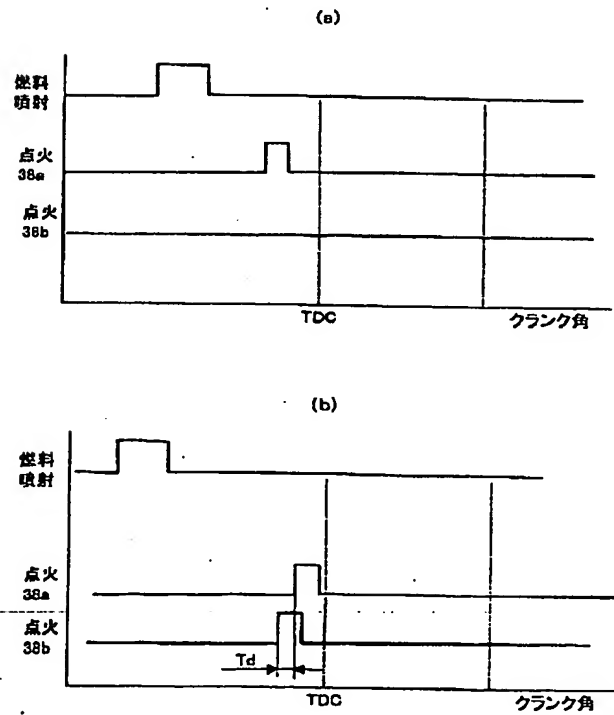
【図40】

図 40



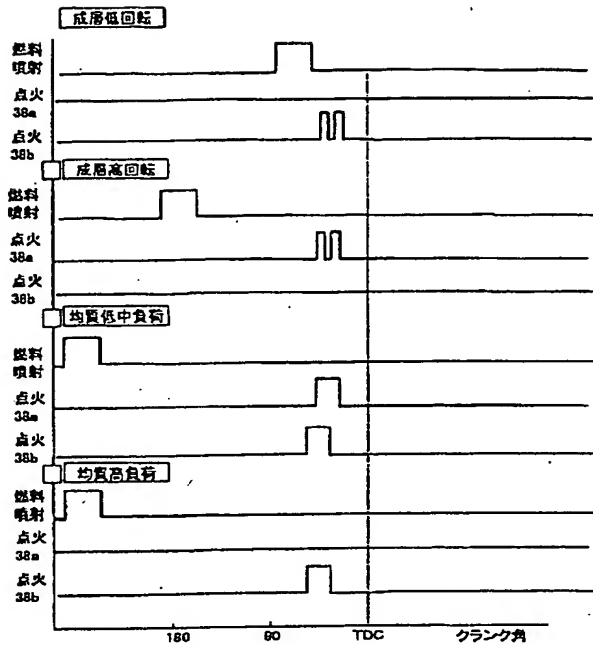
【図41】

図 41



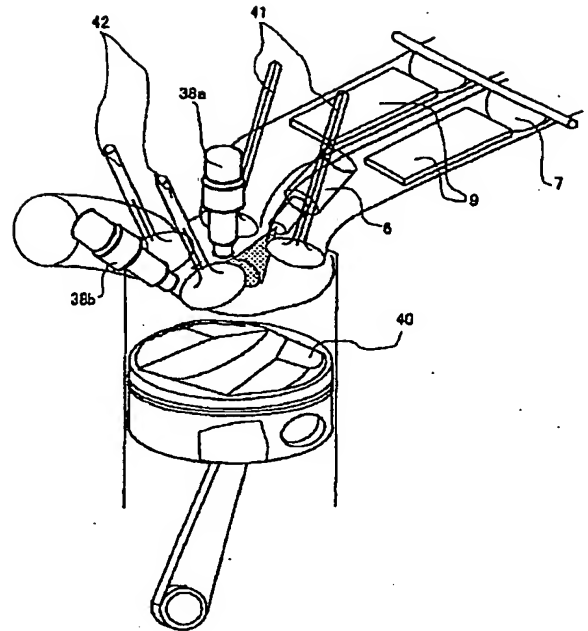
【図42】

図 42



【図43】

図 43



フロントページの続き

(51)Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	FI	テコード (参考)
F 02 D 43/00	3 0 1	F 02 D 43/00	3 0 1 Z 3 G 3 0 1
F 02 B 3/02		F 02 B 3/02	
3/06		3/06	
5/00		5/00	A
17/00		17/00	D
			F
23/00		23/00	S
			W
			M
23/10		23/10	A
			C
			D
31/00	3 0 1	31/00	3 0 1 A
			3 0 1 B
			3 0 1 F
	3 3 1		3 3 1 A
			3 3 1 F
31/02		31/02	C
			G
			J

F02D 13/02  
21/08 301

41/02 301

351  
41/04 305  
335  
F02M 25/07 550  
570

F02P 15/08 301

- (72)発明者 中山 容子  
茨城県日立市大みか町七丁目1番1号 株  
式会社日立製作所日立研究所内
- (72)発明者 徳安 昇  
茨城県日立市大みか町七丁目1番1号 株  
式会社日立製作所日立研究所内
- (72)発明者 木原 裕介  
茨城県日立市大みか町七丁目1番1号 株  
式会社日立製作所日立研究所内
- (72)発明者 助川 義寛  
茨城県日立市大みか町七丁目1番1号 株  
式会社日立製作所日立研究所内
- (72)発明者 大須賀 稔  
茨城県日立市大みか町七丁目1番1号 株  
式会社日立製作所日立研究所内
- (72)発明者 柏谷 峰雄  
茨城県ひたちなか市大字高場2520番地 株  
式会社日立製作所自動車機器グループ内

F02D 13/02  
21/08

41/02

41/04

F02M 25/07

F02P 15/08

L  
M  
J

301A

301C

301G

301F

301A

301E

301G

351

305A

335F

550R

570A

570J

301B

Fターム(参考) 3G019 AA08 AA09 AB02 AB04 AB07  
AB08 AC07 AC08 BB12 BB13  
DC06 GA01 GA05 GA11 GA14  
3G023 AA02 AA05 AB02 AB03 AB06  
AC05 AD03 AD05 AD06 AD07  
AD12 AD29 AG01 AG02 AG03  
3G062 AA01 AA07 AA08 BA09 EA11  
GA01 GA05 GA06 GA15 GA17  
GA26  
3G084 BA09 BA15 BA16 BA20 BA21  
BA24 DA02 DA10 FA07 FA20  
FA25 FA30 FA33 FA38  
3G092 AA01 AA06 AA10 AA11 AA17  
BA07 BA10 DA08 DC06 DC08  
DE03S EA03 EA05 EA06  
EA07 FA17 FA24 GA17 GA18  
HA01Z HB03Z HC05Z HD06Z  
HE01Z HE03Z HE08Z  
3G301 HA01 HA04 HA09 HA13 HA16  
HA17 HA19 JA02 JA25 KA24  
KA25 LA00 LA03 LA05 LA07  
LB04 MA01 MA18 NE11 NE13  
NE14 NE15 PA01Z PB08Z  
PC08Z PD09Z PE01Z PE03Z  
PE08Z